

0-771469

На правах рукописи



ЗОНОВ

Ярослав Викторович

**СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ  
КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ  
БЕНЗОЦИКЛОАЛКЕНОВ И АЛКИЛБЕНЗОЦИКЛОАЛКЕНОВ  
В СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ ПЯТИФТОРИСТУЮ СУРЬМУ**

(02.00.03 – Органическая химия)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук

Новосибирск – 2008 г

Работа выполнена в Новосибирском институте органической химии  
им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

Научный руководитель	доктор химических наук, старший научный сотрудник Карпов В.М.
Официальные оппоненты	доктор химических наук, профессор Бородкин Г.И.  кандидат химических наук, доцент Колтунов К.Ю.
Ведущая организация	Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, г. Москва

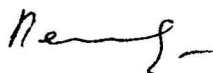
Защита состоится " 10 " октября 2008 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета Д 003.049.01 при Новосибирском институте  
органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН – 630090, г. Новосибирск,  
проспект Академика Лаврентьева, 9

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского  
института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

Автореферат разослан "18" июля 2008 года

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор химических наук



Т.Д. Петрова



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Химия фторорганических соединений начала интенсивно развиваться с середины прошлого века. К настоящему времени фторсодержащие органические продукты благодаря их уникальным свойствам нашли широкое применение в науке, технике, медицине, сельском хозяйстве и других областях деятельности человека. Важным классом фторорганических соединений являются полифторарены. Соединения такого типа, в том числе содержащие алициклический фрагмент, конденсированный с ароматическим кольцом, изучаются в НИОХ СО РАН. В ходе исследований этих соединений были обнаружены и изучены неизвестные ранее для перфторуглеродов карбокатионоидные перегруппировки перфторированных бензоциклоалкенов (бензоциклобутен, индан, тетралин) и их перфторалкил- и перфторарил-производных в реакциях с кислотами Льюиса. Подобные трансформации полифторбензоциклоалкенов, содержащих карбонильную группу, не были известны. Следует отметить, что карбонильные производные некоторых перфторбензоциклоалкенов и практически всех перфторалкилбензоциклоалкенов не были описаны в литературе, а для известных кетонов методы синтеза из доступных в препаративных количествах перфторированных бензоциклоалкенов имели существенные недостатки.

В связи с этим поиск новых методов синтеза карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов и изучение их поведения в кислотных системах является актуальной задачей, направленной на получение принципиально новой информации фундаментального характера о свойствах этих соединений, что, в конечном итоге, может способствовать развитию теоретических представлений органической химии, а также расширению возможностей направленного синтеза фторорганических соединений.

**Целью работы** является разработка новых методов синтеза карбонильных производных из перфторированных бензоциклоалкенов и алкилбензоциклоалкенов, а также изучение поведения карбонильных производных полифтор-

бензоциклоалкенов в электрофильных системах, содержащих пятифтористую сурьму, с целью выяснения возможности их карбокатионоидных скелетных превращений и установления закономерностей этих реакций.

**Научная новизна и практическая ценность.** В результате проведенного исследования разработан новый эффективный способ получения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, основанный на реакции перфторбензоциклоалкенов и их перфторалкилпроизводных с  $\text{CF}_3\text{COOH}$  или  $\text{SiO}_2$  в среде пятифтористой сурьмы.

Обнаружены и изучены неизвестные для перфторкетонов карбокатионоидные скелетные превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, протекающие в системах, содержащих пятифтористую сурьму. Показано, что поведение кетонов зависит от размера карбонилсодержащего цикла, а также от наличия и расположения в нем перфторалкильной группы. На основе этих реакций найдены новые подходы к синтезу различных полифторированных кислородсодержащих соединений (фталиды, изохромен-1-оны, изохроман-1-оны, *орто*-алкил- и *орто*-алкенилбензойные кислоты).

Впервые показано, что при нагревании перфторароматических соединений в системе  $\text{HF/SbF}_5$  карбонильная группа, связанная с ароматическим кольцом, превращается в диформетиленовую.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были представлены на 7-й Всероссийской конференции "Химия фтора" (Москва, 2006 г) и на Всероссийской научной конференции "Современные проблемы органической химии" (Новосибирск, 2007 г).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 6 статей и тезисы 2 докладов.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения (5 стр.), двух глав обзора литературы (44 стр.), трех глав (72 стр.), посвященных обсуждению полученных результатов, экспериментальной части (37 стр.), выводов и списка литературы, включающего 105 наименований. Диссертация изложена на 178 страницах и содержит 10 таблиц и 2 рисунка.

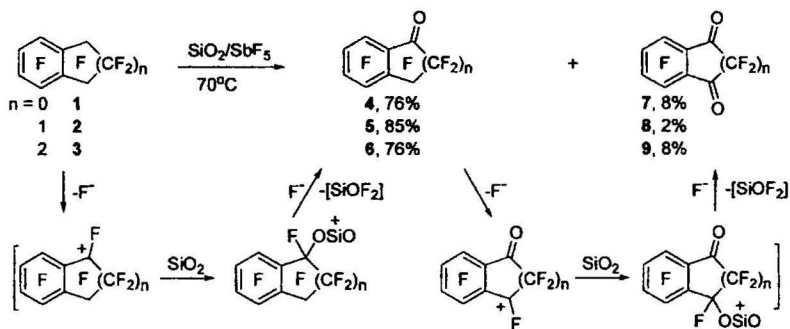


Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-03-32170).

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. Получение карбонильных производных перфторбензоциклоалкенов в системах, содержащих пятифтористую сурьму

Найдено, что при взаимодействии перфторированных бензоциклобутена (1), индана (2) и тетралина (3) с  $\text{SiO}_2^*$  в среде  $\text{SbF}_5$  (мольное соотношение бензоциклоалкен: $\text{SiO}_2$ : $\text{SbF}_5$  = 1:0.9:1.5) при 70°C образуются преимущественно соответствующие бензоциклоалкен-1-оны 4-6 наряду с небольшим количеством дикарбонильных производных 7-9. Образование кетонов, по-видимому, может быть представлено как результат взаимодействия первоначально генерируемых перфторбензоциклоалкен-1-ильных и перфторбензоциклоалкенон-1-ильных катионов с  $\text{SiO}_2$  по схеме:



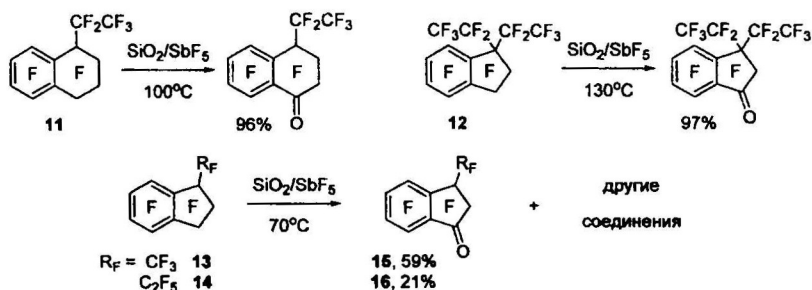
Селективность данной реакции может быть объяснена тем фактом, что кетоны 4-6 дают с пятифтористой сурьмой катионоидные комплексы, образование которых зафиксировано с помощью спектроскопии ЯМР  $^{19}\text{F}$ .

Взаимодействие бензоциклобутена 1 при 70°C и тетралина 3 при 120°C с большим количеством  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  приводит к соответствующим дикарбониль-

\* Использовали силикагель марки Л 40/100, прокаленный при 450°C.

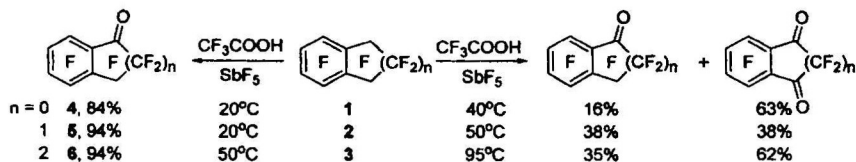
ным производным 7 и 9 с выходом ~85%, в то время как из индана 37 перфториндан-1,3-дион (8) может быть получен лишь в смеси с перфториндан-1-оном (5) и 3-гидроксиперфтор-3-метилфталидом (10).

Перфтор-1-этилтетралин (11) и перфтор-1,1-диэтилиндан (12) в реакции с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  гладко дают монокарбонильные производные. В отличие от этого при взаимодействии перфторированных 1-метил- (13) и 1-этилинданов (14) с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  при 70°C соответствующие алкилинданоны 15 и 16 получаются лишь в смеси с исходным соединением и продуктами их дальнейших превращений.

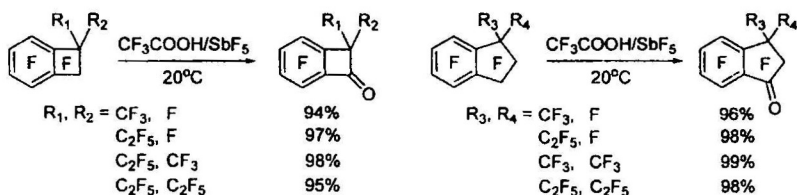


В связи с этим для синтеза кетонв 15, 16 и других карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов, необходимых для изучения катионидных скелетных перегруппировок, вместо  $\text{SiO}_2$  в качестве источника нуклеофильного кислорода были испытаны тетрафторпропанол, уксусная и трифторуксусная кислоты. На примере реакции с перфторинданом (2) показана наибольшая эффективность системы  $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$ .

Перфторбензоциклоалкены 1-3 при взаимодействии с  $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$  дают монокарбонильные производные 4-6 с высоким выходом, а в более жестких условиях образуются смеси соответствующих моно- и diketонов.

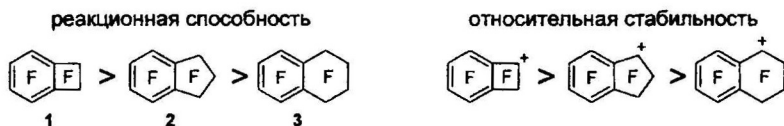


Различные перфторированные 1-алкил- и 1,1-диалкилзамещенные бензоциклобутены и инданы в реакции с  $\text{CF}_3\text{COOH}$  в присутствии пятифтористой сурьмы при комнатной температуре гладко превращаются в соответствующие бензоциклоалкен-1-оны.



Перфторированные 4- и 5-метилинданы реагируют с  $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$  при  $50^\circ\text{C}$ , давая соответственно перфтор-4- и -6-метилиндан-1-оны с выходом 92%.

Методом конкурентных реакций установлено, что реакционная способность перфторбензоциклоалкенов 1-3 при взаимодействии как с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ , так и с  $\text{CF}_3\text{COOH}/\text{SbF}_5$  зависит от размера алициклического фрагмента молекулы субстрата и понижается при переходе от бензоциклобутена 1 к индану 2 и затем к тетралину 3.



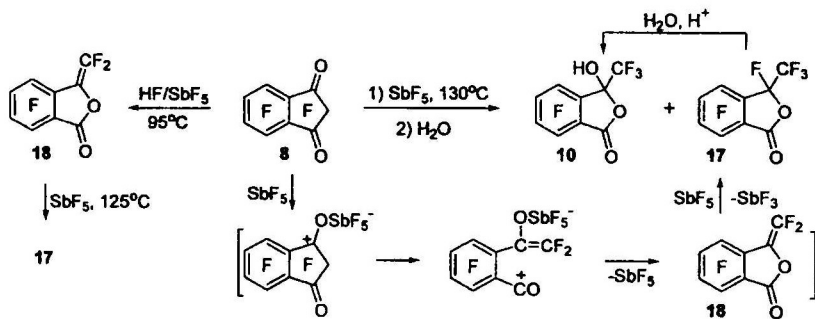
Данная последовательность согласуется с рядом уменьшения относительной стабильности соответствующих перфторбензоциклоалкен-1-ильных катионов, генерация которых под действием  $\text{SbF}_5$ , по-видимому, происходит на первой стадии реакции.

## 2. Превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов в кислотных системах

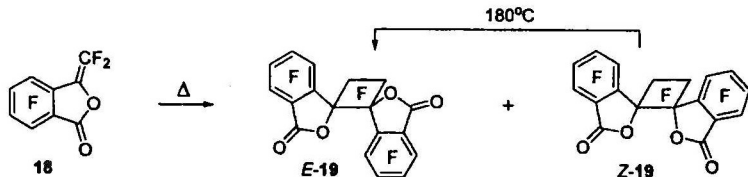
Карбонильные производные полифторбензоциклоалкенов могут претерпевать катионоидные скелетные превращения. Так, при нагревании

перфториндандиона **8** с пятифтористой сурьмой при 130°C после гидролиза реакционной массы получается смесь перфтор-3-метилфталида (**17**) и гидроксифталида **10**. Данное превращение, вероятно, протекает путем раскрытия пятичленного цикла в комплексе кетона **8** со  $\text{SbF}_5$  и последующей циклизации с образованием перфтор-3-метиленфталида (**18**), который затем фторируется до метилфталида **17**. Последний при гидролизе частично превращается в продукт **10**.

Зафиксировать промежуточное образование метиленфталида **18** в реакции индандиона **8** со  $\text{SbF}_5$  не удастся. В то же время в среде  $\text{HF/SbF}_5$  при 95°C дикетон **8** гладко изомеризуется в соединение **18**. Последнее при нагревании со  $\text{SbF}_5$  при 125°C фторируется, давая фталид **17**.

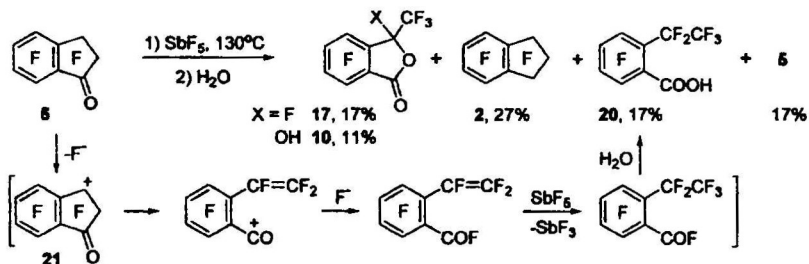


В отсутствие растворителя продукт **18** циклодимеризуется, превращаясь в перфтордиспиро[фталид-3,1'-циклобутан-2',3''-фталид] (**19**) в виде смеси *E*- и *Z*-изомеров. При 180°C *Z*-изомер превращается в *E*-изомер.



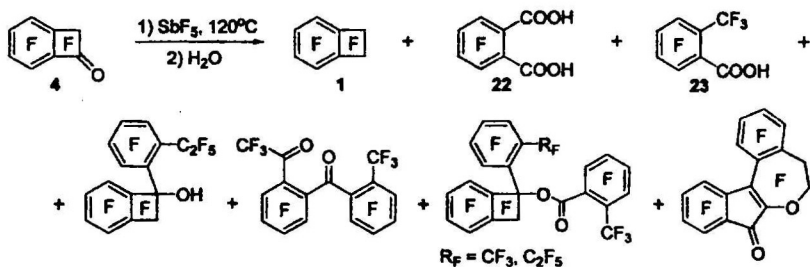
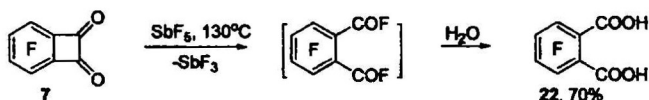
Взаимодействие инданона **5** с пятифтористой сурьмой при 130°C и последующий гидролиз реакционной массы приводят к смеси перфтор-2-этилбензойной кислоты (**20**), индана **2** и фталидов **10** и **17**. Кислота **20** является

продуктом раскрытия пятичленного цикла кетона **5** под действием  $\text{SbF}_5$ , которое, по-видимому, протекает в генерируемом из него катионе **21** по приведенной ниже схеме:



Образование продуктов **2**, **10** и **17** в реакции инданона **5** со  $\text{SbF}_5$  можно объяснить диспропорционированием кетона **5** на индан **2** и дикетон **8**, последний в условиях реакции дает продукты **10** и **17**.

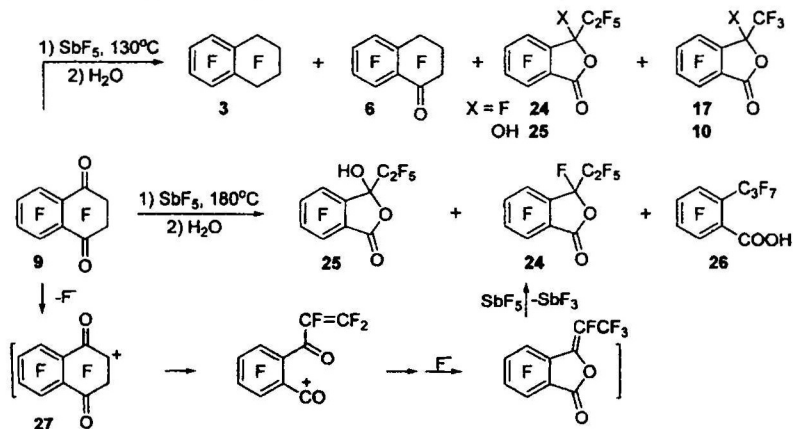
Карбонильные производные других перфторбензоциклоалкенов также претерпевают скелетные превращения под действием  $\text{SbF}_5$ . Так, в бензоциклобутендионе **7** при  $130^\circ\text{C}$  происходит раскрытие четырехчленного цикла с образованием после гидролиза тетрафторфталевой кислоты (**22**).



Перфторбензоциклобутенон (**4**) при нагревании с пятифтористой сурьмой при  $120^\circ\text{C}$ , по-видимому, подвергается диспропорционированию подобно инданону **5**, в пользу чего свидетельствует наличие бензоциклобутена **1** и фталевой кислоты **22** среди продуктов реакции. Кроме них в реакционной

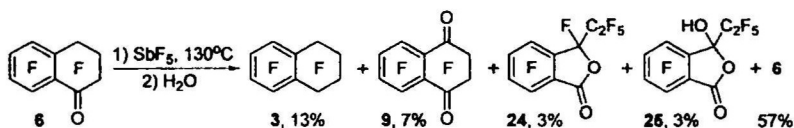
смеси присутствует перфтор-2-метилбензойная кислота (23) наряду с продуктами с большим, чем в исходном кетоне, числом атомов углерода. В диссертации обсуждаются вероятные пути происходящих превращений.

Перфтортетралин-1,4-дион (9) при взаимодействии со  $\text{SbF}_5$  при  $130^\circ\text{C}$  после обработки реакционной массы водой дает смесь перфторированных тетралина (3), тетралин-1-она (6), метилфталидов 10 и 17, 3-этил- (24) и 3-гидрокси-3-этилфталидов (25).

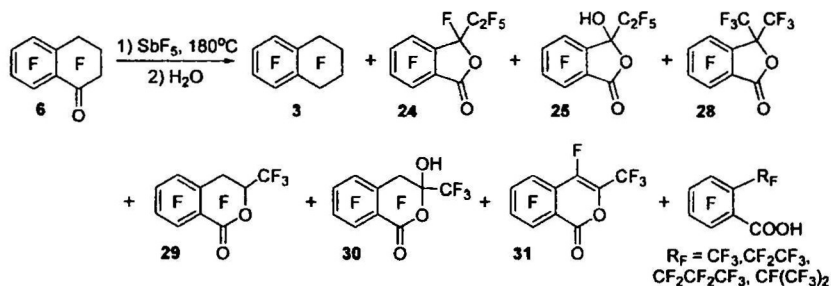


При увеличении температуры реакции преимущественно образуются этилфталиды 24 и 25. В реакционной смеси также содержится перфтор-2-пропилбензойная кислота (26). Для превращения дикетона 9 во фталид 24 предложен механизм, включающий раскрытие шестичленного карбонилсодержащего цикла в тетралин-2-ильном катионе 27 и последующие трансформации продукта раскрытия в соответствии с приведенной выше схемой.

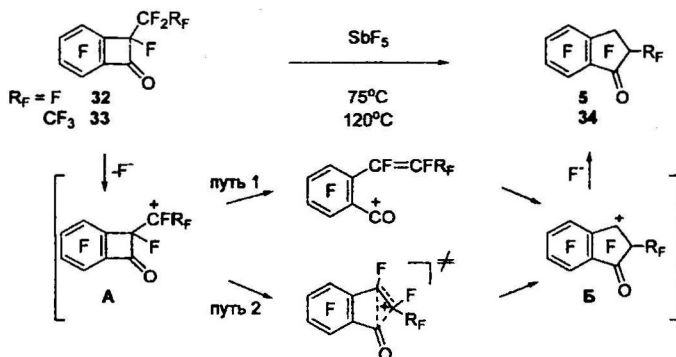
Тетралон 6 при нагревании со  $\text{SbF}_5$  при  $130^\circ\text{C}$  диспропорционирует, давая смесь тетралина 3, дикетона 9 и исходного соединения. Кроме того, в смеси присутствуют небольшие количества фталидов 24 и 25.



В более жестких условиях из тетралона 6 в среде пятифтористой сурьмы в результате скелетных превращений как самого кетона 6, так и продуктов его диспропорционирования получается сложная смесь, содержащая тетралин 3, фталиды 24, 25, перфторированные 3,3-диметилфталид (28), 3-метил- (29) и 3-гидрокси-3-метилизохroman-1-он (30), 3-метилизохромен-1-он (31), а также алкилбензойные кислоты. В диссертации обсуждаются пути происходящих превращений.



Перфторированные 2-алкилбензоциклобутенены под действием пятифтористой сурьмы претерпевают расширение четырехчленного цикла до пятичленного. Так, перфтор-2-метилбензоциклобутенон (32) при нагревании со  $\text{SbF}_5$  при  $75^\circ\text{C}$  превращается в инданон 5. Аналогичная изомеризация перфтор-2-этилбензоциклобутенона (33) протекает в более жестких условиях и приводит к перфтор-2-метилиндан-1-ону (34).



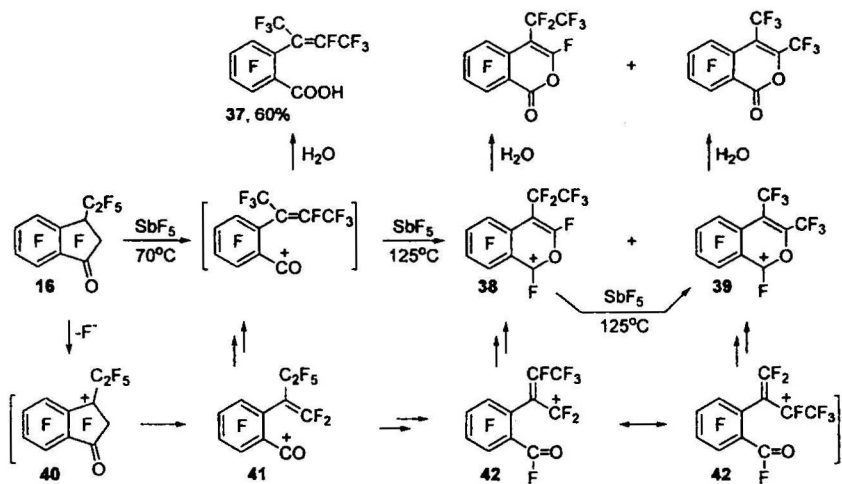
Расширение четырехчленного кольца алкилбензоциклобутенонов **32** и **33**, по-видимому, протекает через раскрытие четырехчленного цикла в катионах **A** с последующей внутримолекулярной циклизацией образующихся интермедиатов в катионы **Б** (путь 1), присоединение фторид-иона к которым приводит к соответствующим инданонам. Кроме того, нельзя исключить согласованный механизм изомеризации катионов **A** в **Б** (путь 2). Более жесткие условия, требуемые для изомеризации кетона **33** по сравнению с соединением **32**, по-видимому, связаны с меньшей относительной стабильностью соответствующего катиона **A** из-за наличия в нем у катионного центра трифторметильной группы, понижающей по сравнению с атомом фтора относительную стабильность карбокатионов.

Перфторированные 3-алкилинданоны **15** и **16** под действием  $\text{SbF}_5$  превращаются в соли полифторизохроменильных катионов. Так, при взаимодействии метилинданона **15** с пятифтористой сурьмой при  $70^\circ\text{C}$  образуется раствор соли перфтор-4-метилизохроменильного катиона (**35**), гидролиз которой дает перфтор-4-метилизохромен-1-он (**36**).



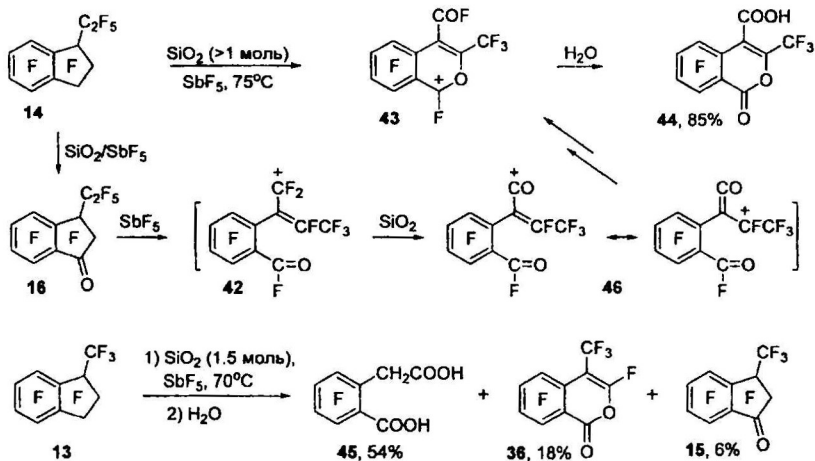
Реакция этилинданона **16** с пятифтористой сурьмой в аналогичных условиях приводит после гидролиза реакционной массы к перфтор-2-(бут-2-ен-2-ил)бензойной кислоте (**37**). При повышении температуры реакции кетона **16** с пятифтористой сурьмой до  $125^\circ\text{C}$  (7 ч) образуется раствор солей перфтор-4-этилизохроменильного (**38**) и перфтор-3,4-диметилизохроменильного (**39**) катионов. При увеличении времени проведения процесса происходит изомеризация катиона **38** в **39**. Гидролиз этих катионов приводит к соответствующим изохромен-1-онам.





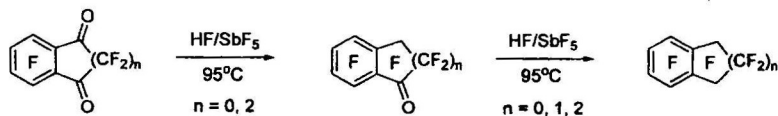
Предложенная схема превращения кетона **16** в соли катионов **38** и **39**, включает первоначальное раскрытие пятичленного цикла в генерируемом из него катионе **40** с образованием иона **41**, который после присоединения-отщепления фторид-иона дает катион **42**. Внутримолекулярная циклизация последнего с участием одного или другого зарядового центра аллильной системы и последующее перемещение кратной связи внутрь циклов приводят к катионам **38** и **39**.

Как уже отмечалось, при взаимодействии алкилинданов **13** и **14** с  $\text{SiO}_2$  (мольное соотношение бензоциклоалкен: $\text{SiO}_2 = 1:0.6$ ) в среде  $\text{SbF}_5$  при  $70^\circ\text{C}$  образуются кетоны **15** и **16**, которые претерпевают дальнейшие превращения в условиях реакции. При нагревании этилиндана **14** с избытком  $\text{SiO}_2$  в присутствии  $\text{SbF}_5$  образуется раствор соли 4-фторкарбонилперфтор-3-метилизохроменильного катиона (**43**), гидролиз которой дает 4-карбосиперфтор-3-метилизохромен-1-он (**44**). В аналогичной реакции индана **13** получается преимущественно 6-(карбосиметил)-2,3,4,5-тетрафторбензойная кислота (**45**) наряду с соединениями **15** и **36**.



На основе совокупности экспериментальных данных предложена следующая схема протекания реакции этилиндана **14** с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ . Вначале из соединения **14** образуется кетон **16**. Затем из него под действием  $\text{SbF}_5$  получается катион **42** (стр. 11), который реагирует с  $\text{SiO}_2$ , давая катион **46**. Внутримолекулярная циклизация этого иона и последующее перемещение кратной связи внутрь цикла приводят к катиону **43**. В диссертации также обсуждаются возможные пути трансформаций метилндана **13** в системе  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$ .

Как уже отмечалось выше, индансион **8** при нагревании в среде  $\text{HF}/\text{SbF}_5$  изомеризуется в метилентфалид **18**. В отличие от этого в других карбонильных производных перфторбензоциклоалкенов под действием  $\text{HF}/\text{SbF}_5$  происходит замена карбонильного атома кислорода на фтор без изменения углеродного скелета субстрата. Так, из дикетонов в среде  $\text{HF}/\text{SbF}_5$  образуются монокарбонильные производные, которые затем превращаются в соответствующие перфторбензоциклоалкены. Конверсия субстратов в данных реакциях составляет 50-90%.



Показано, что помимо перфторбензоциклоалкенонов в рассматриваемую реакцию могут вступать и другие полифторароматические соединения, содержащие карбонильную группу. Следует отметить, что в литературе нет сведений о том, чтобы система  $\text{HF/SbF}_5$  использовалась в качестве реагента для замены карбонильного атома кислорода на фтор.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан новый эффективный способ получения карбонильных производных из перфторированных бензоциклоалкенов и алкилбензоциклоалкенов, основанный на их взаимодействии с  $\text{CF}_3\text{COOH}$  или  $\text{SiO}_2$  в присутствии пятифтористой сурьмы. Установлено, что реакционная способность перфторбензоциклоалкенов в обоих случаях уменьшается при переходе от бензоциклобутена к индану и тетралину.

Показано, что из перфторбензоциклоалкенов и их перфторалкилпроизводных в реакции с  $\text{CF}_3\text{COOH/SbF}_5$  гладко получают соответствующие бензоциклоалкен-1-оны.

Из перфторированных бензоциклоалкенов, 1,1-диэтилиндана и 1-этилтетралина в реакции с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  селективно образуются перфторбензоциклоалкен-1-оны. В более жестких условиях перфторбензоциклобутен и перфтортетралин превращаются в их дикарбонильные производные, а перфториндан – в перфтор-3-метилфталид.

2. Обнаружены и изучены неизвестные для перфторкетонов карбокатионоидные скелетные превращения карбонильных производных полифторбензоциклоалкенов. Выяснено, что поведение субстрата зависит от размера его карбонилсодержащего цикла, а также от наличия и расположения в нем перфторалкильных групп.

3. Показано, что в реакции перфтор-3-алкилиндан-1-онов с пятифтористой сурьмой образуются соли изохроменильных катионов.

Из перфтор-3-метилиндан-1-она генерирован перфтор-4-метилизохроменильный катион, а из перфтор-3-этилиндан-1-она – перфтор-3,4-диметил- и перфтор-4-этилизохроменильные катионы, гидролиз которых приводит к соответствующим изохромен-1-онам. На примере перфтор-3-этилиндан-1-она показано, что реакция протекает путем раскрытия пятичленного цикла субстрата с последующей внутримолекулярной циклизацией образующегося продукта с участием атома кислорода.

4. Установлено, что из перфтор-3-этилиндан-1-она в системе  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  генерируется 4-фторкарбонилперфтор-3-метилизохроменильный катион, при гидролизе которого получается 4-карбоксиперфтор-3-метилизохромен-1-он. В аналогичных условиях перфтор-3-метилиндан-1-он преимущественно дает 6-(карбоксиметил)-2,3,4,5-тетрафторбензойную кислоту.

5. Найдено, что в перфторированных 2-метил- и 2-этилбензоциклобутенонах в присутствии пятифтористой сурьмы происходит расширение четырехчленного кольца до пятичленного с образованием перфторированных индан-1-она и 2-метилиндан-1-она соответственно.

6. Показано, что в реакции перфторбензоциклоалкен-1-онов с пятифтористой сурьмой наряду со скелетными превращениями кетонов происходит их диспропорционирование на бензоциклоалкены и бензоциклоалкендионы, которые в условиях реакции также претерпевают скелетные превращения.

При нагревании перфториндан-1-она со  $\text{SbF}_5$  после гидролиза образуются перфторированные 2-этилбензойная кислота, индан, 3-метилфталид и 3-гидрокси-3-метилфталид.

Перфторбензоциклобутенон в аналогичной реакции дает смесь перфторированных бензоциклобутена, фталевой и 2-метилбензойной кислот наряду с продуктами с большим, чем в исходном кетоне, числом атомов углерода.

Из перфтортетралин-1-она образуется смесь, содержащая перфторированные тетралин, бензоконденсированные пяти- и шестичленные кислородсодержащие гетероциклические соединения, а также алкилбензойные кислоты.

7. Установлено, что перфторбензоциклобутендион под действием  $\text{SbF}_5$  претерпевает раскрытие четырехчленного цикла с образованием после гидролиза тетрафторфталевой кислоты.

Перфториндан-1,3-дион в реакции с пятифтористой сурьмой превращается в перфтор-3-метилфталид, а в среде  $\text{HF/SbF}_5$  изомеризуется в перфтор-3-метиленфталид, который при нагревании со  $\text{SbF}_5$  фторируется до перфтор-3-метилфталида.

Перфтортералин-1,4-дион при взаимодействии со  $\text{SbF}_5$  дает преимущественно перфтор-3-этилфталид.

8. Впервые показано, что при нагревании перфторароматических соединений в системе  $\text{HF/SbF}_5$  карбонильная группа, связанная с ароматическим кольцом, превращается в диформетиленовую группу.

В частности, из перфторированных бензоциклоалкендионов в среде  $\text{HF/SbF}_5$  образуются монокарбонильные производные, которые затем превращаются в соответствующие перфторбензоциклоалкены.

**Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих публикациях:**

1. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Formation and skeletal transformations of perfluoroindan-1-one and perfluoroindan-1,3-dione in the reaction of perfluoroindan with  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  // J. Fluorine Chem. – 2005. – Vol. 126. – N 4. – P. 437-443.
2. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Transformation of perfluoroindan-1-one and perfluoroindan-1,3-dione in the  $\text{HF-SbF}_5$  system // Mendelev Comm. – 2006. – N 3. – P. 167-168.
3. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E., Rybalova, T.V., Gatilov, Yu.V. Oxygen replacement by fluorine in carbonyl derivatives of perfluoroaromatic compounds and isomerization of perfluoroindan-1,3-dione to perfluoro-3-methylenephthalide under the action of  $\text{HF/SbF}_5$  // J. Fluorine Chem. – 2006. – Vol. 127. – N 12. – P. 1574-1583.

4. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Transformation of perfluorinated benzocycloalkenes and alkylbenzenes to their carbonyl derivatives under the action of  $\text{CF}_3\text{COOH/SbF}_5$  // J. Fluorine Chem. – 2007. – Vol. 128. – N 9. – P. 1058-1064.
5. Zonov, Ya.V., Karpov, V.M., Platonov, V.E. Reaction of perfluoro-1-ethylindan with  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  and skeletal transformations of perfluoro-3-ethylindan-1-one under the action of  $\text{SbF}_5$  and  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  // J. Fluorine Chem. – 2007. – Vol. 128. – N 9. – P. 1065-1074.
6. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е., Гатилов, Ю.В. Взаимодействие перфторбензоциклоалкенов с  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  и скелетные превращения их карбонильных производных в среде  $\text{SbF}_5$  // Журн. орган. химии. – 2008. – Т. 44. – Вып. 2. – С. 212-226.

**Результаты диссертационной работы доложены на всероссийских конференциях:**

7. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е. Скелетные превращения перфтор-3-этилиндан-1-она в реакции с  $\text{SbF}_5$  и  $\text{SiO}_2/\text{SbF}_5$  // 7 Всероссийская конференция “Химия фтора”: Тезисы докладов. – Москва, 2006. – С. Р-58.
8. Зонов, Я.В., Карпов, В.М., Платонов, В.Е. Превращение перфторароматических соединений в карбонильные производные в реакции с  $\text{CF}_3\text{COOH/SbF}_5$  // Всероссийская научная конференция “Современные проблемы органической химии”: Тезисы докладов. – Новосибирск, 2007. – С. 111.

Формат бумаги 60x84 1/16. Объем 1 печ.л.

Тираж 100 экз.

---

Отпечатано на ротационной машине Новосибирского института  
Органической химии им. Н.Н.Ворожцова СО РАН  
630090, Новосибирск, 90, пр. акад. Лаврентьева, 9

10-